



Optimal Pricing and Production System for Integrated Logistics System Under Price Sensitive Uncertainty

Ali Mohammad Maysami, Hamed Salmanzadeh* & Mostafa Salehi

Ali Mohammad Meysami, Department of Industrial Engineering, K.N.Toosi University of Technology

Hamed Salmanzadeh, Department of Industrial Engineering, K.N.Toosi University of Technology

Mostafa Salehi, Department of Industrial Engineering, K.N.Toosi University of Technology

Keywords

Integrated logistics,
Reverse supply chain,
Uncertainty,
Genetic algorithm,
Pricing.

ABSTRACT

We investigate a closed-loop supply chain in this article that manufacturer has two channels for satisfying the demand: producing brand-new products or remanufacturing returned items. There is no difference between brand-new products and returned one so they can be sold at the same market with the same price. In this article, demand has price sensitive uncertainty. Also returns are stochastic and price sensitive too. In addition we define acceptance quality level for acquiring returned products. Therefore a mathematical model developed to maximize total profit of system that determines selling price, production quantity of brand-new products and remanufactured one, acquisition price and minimum acceptance quality level for returned items.

© 2017 IUST Publication, IJIEPM Vol. 28, No. 1, All Rights Reserved



سیستم قیمت گذاری و تولید بهینه لجستیک یکپارچه در شرایط عدم قطعیت حساس به قیمت

علی محمد میثمی، حامد سلمان زاده* و مصطفی صالحی

چکیده:

سیستم زنجیره تامین مورد بررسی در این مقاله حلقه بسته می باشد که تولید کننده برای تامین تقاضا دو راه در اختیار دارد: یکی تولید محصولات جدید و دیگری باز تولید محصولات برگشتی. محصولات باز تولید شده هیچ تفاوتی با محصولات جدید ندارند و می توانند در یک بازار و با قیمت مشترک به فروش بروند. در این مقاله تقاضا دارای عدم قطعیت بوده و وابسته به قیمت فروش است. همچنین بازگشتی ها نیز دارای ماهیت احتمالی بوده و حساس به قیمت اکتسابشان می باشند. به علاوه حداقل سطح کیفیتی برای خرید محصولات برگشتی نیز مدنظر قرار می گیرد. از این رو یک مدل برنامه ریزی ریاضی با هدف ماکزیم سازی سود کل سیستم ارائه می شود که به طور همزمان به تعیین قیمت فروش، مقدار تولید محصولات جدید و محصولات بازتولید شده، قیمت اکتساب و حداقل سطح کیفیت مورد قبول محصولات برگشتی می پردازد.

کلمات کلیدی

زنجیره تامین یکپارچه،
لجستیک معکوس،
عدم قطعیت،
الگوریتم ژنتیک،
قیمت گذاری.

۱. مقدمه

با توجه به مقررات و قوانین بین المللی و قوانین حاکم بر مدیریت مواد زائد و پسماندها، مباحث کاهش زباله ها، استفاده مجدد و بازیافت مواد طی دهه های گذشته توجه بیشتری را به خود جلب کرده است. علاوه بر آن، افزایش توسعه صنعت و شهرنشینی باعث افزایش شکاف بین تقاضا و عرضه مواد اولیه شده است. یکی از مزیت های رقابتی پایدار برای کشورها و شرکت ها کارا تر و اثربخش تر کردن فعالیت های زنجیره ی تامین است. یکی از بخش های عمده ی این فعالیت ها که می تواند موجب صرفه جویی بسیار در هزینه ها شود، فعالیت های لجستیکی می باشد. به گفته مظاهری و همکاران [۱] بررسی ها نشان می دهد که کشورهای جهان اول توانسته اند در پنجاه سال اخیر در

تاریخ وصول: ۹۳/۰۸/۰۳

تاریخ تصویب: ۹۴/۰۲/۰۹

علی محمد میثمی، دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی خواجه نصیر.

مصطفی صالحی، دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی خواجه نصیر.

*نویسنده مسئول مقاله: دکتر حامد سلمان زاده، دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی خواجه نصیر..

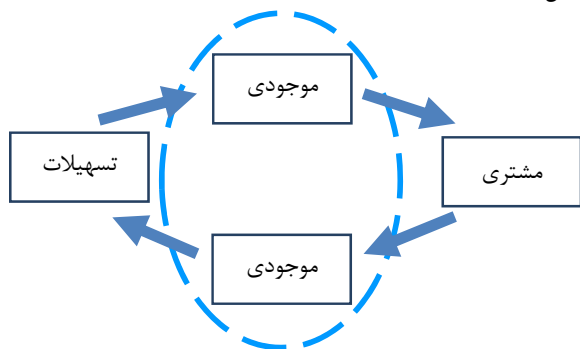
هزینه های حمل و نقل و موجودی، به عنوان دو بخش اصلی و عمده ی فعالیت های لجستیک، به کاهش های قابل توجهی دست یابند. در همین راستا فلاشمن [۲] برای لجستیک معکوس تعریفی را ارائه داد که بسیار مورد پذیرش قرار گرفته است. لجستیک معکوس فرآیند برنامه ریزی، اجرا و کنترل موثر و کارای جریان برگشتی موثر، ذخیره و انبار کردن کالاهای ثانویه و گزارش دادن اطلاعات، در مقابل زنجیره تامین سنتی به منظور بهبود مقدار، ارزش و دفع مطلوب و مناسب است. به گفته ی آسوارن و همکاران [۳] در دو دهه ی اخیر بسیاری از شرکت های مهم مانند دل^۱ جنرال موتور^۲، کداک^۳ و زیراکس^۴ توجه ویژه ای به ساخت مجدد، تعمیرات و به طور کلی احیای محصولات برگشتی (لجستیک معکوس^۵) داشته اند. عوامل محرک شرکتها برای رو آوردن به برنامه ریزی، اجرا و کنترل لجستیک معکوس را می توان در چهار دسته ی اصلی الزامات قانونی، حساسیت های زیست محیطی، سودآوری اقتصادی و در انحصار داشتن تکنولوژی برشمرد. سازمان ها به هنگام بنا کردن و اجرای سیستم حلقه بسته با چالشهای جدیدی در برنامه ریزی تولید مواجه می شوند. اول

که در این پژوهش همراه با سایر پارامترها بر بازگشت محصولات اثر گذار است و تحلیل آن از دیگر ویژگی های بدیع این پژوهش به شمار می رود.

۲. شرح مدل

تولید کننده برای تامین تقاضای مصرف کننده دو گزینه در اختیار دارد:

تولید محصول با استفاده از مواد اولیه جدید و بازتولید محصولات برگشتی از مصرف کنندگان. محصولات بازتولید تولید شده هیچ تفاوتی با محصولات جدید ندارند و می توانند در یک بازار و با قیمت مشابه فروخته شوند، به همین دلیل محصولات بازتولید شده می توانند به خوبی جایگزین محصولات جدید شوند. در فرآیند بازتولید، محصولات دست دومی که قابلیت بازتولید دارند و دارای حداقل کیفیت معینی هستند از مشتریان خریداری شده و به عنوان موجودی قابل بازبایی نگهداری می شوند. سپس محصولات برگشتی مطابق با تقاضا به تسهیلات تولید انتقال می یابند. در تسهیلات تولید، محصولات دست دوم دمنواژ شده و به دقت بازرسی می شوند و قطعات با کیفیت آنها مجدداً استفاده شده در حالی که قطعات بی کیفیت تعویض یا تعمیر می شوند. در نهایت محصولات بازتولید شده مانند محصولات جدید به موجودی تحویل شدنی برای تامین تقاضا انتقال می یابند. همچنین محصولات جدید که با قطعات نو تولید شده اند نیز در موجودی تحویل شدنی نگهداری می شوند. چارچوب مدل در شکل ۱ آمده است.



شکل ۱. مدل زنجیره تامین یکپارچه مورد نظر

مفروضات مدل

مفروضات زیر برای مدل سازی مسئله تولید و قیمت گذاری مد نظر قرار گرفته اند:

- تقاضا احتمالی و وابسته به قیمت است. ارتباط تقاضا و قیمت به صورت $D(p, u_d) = D(p) + u_d$ بیان می شود که رابطه $D(p) = a - bp$ نمایانگر تقاضا مورد انتظار به عنوان تابعی از قیمت فروش است ($a \geq 0$ و $b > 0$) و u_d

اینکه تولیدکننده دو کانال برای تامین تقاضا در اختیار دارد: تولید محصولات نو با مواد اولیه و قطعات نو یا تولید مجدد بازگشتی ها با استفاده مجدد از قطعات با عملکرد خوب و جایگزینی قطعات فرسوده. دوم، تقاضا و بازگشت محصولات نا معین هستند، بنابراین تولیدکننده با دو ریسک تولید بیش از حد و کمبود به ترتیب برای محصولات جدید و بازگشتی مواجه است. سوم، ظرفیت تولید و تولید مجدد معمولاً محدود است و تعیین

سیاست تخصیص بهینه برای ظرفیت محدود دشوار است

برای حل این موضوع، لیستس [۴] یک مدل برنامه ریزی عدد صحیح مختلط احتمالی (SMIP) در صنایع بازیافت شن و ماسه ارائه کرد تا سود کلی را ماکزیمم کنند. آنها مدلشان را برای شرایط مختلف و با توجه به سناریوهای مختلف توسعه دادند. سالما [۵] مدلی احتمالی را برای شبکه حلقه بسته چند محصولی تحت عدم قطعیت در تقاضا توسعه داد و از برنامه ریزی عدد صحیح مختلط احتمالی بهره برد. السید و همکاران [۶] یک مدل SMIP برای طراحی شبکه لجستیک یکپارچه تحت عدم قطعیت در تقاضا و بازگشت بنا نمود که تابع هدف آن ماکزیمم سازی سود کل بود.

برای پی بردن به تاریخچه عدم قطعیت در تقاضا و نرخ برگشتی ها می توان به عنوان مثال به مقاله فلایشمن [۲] رجوع کرد. آنها تحلیلی سیستماتیک برای مسئله کنترل موجودی در شرایطی که برگشتی ها دوباره به ابتدای فرآیند وارد می شوند ارائه کردند. همچنین آنها تقاضا و بازگشت را دارای توزیع پواسون و مستقل فرض نمودند.

عدم قطعیت حساس به قیمت در تقاضا

بخشی از مطالعات پیشین اختصاص به بررسی توسعه سیستم قیمت خرید و بازبایی محصولات داشت. ارس و همکاران [۷] پیشنهاد استفاده از مشقهایی برای ترغیب مصرف کننده به بازگرداندن محصولات را دادند.

حسن زاده و همکاران [۸] یک مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح مختلط با تابع هدف مینیمم سازی هزینه کل ارائه کردند. آنها در مدلشان اثر عدم قطعیت در تقاضا و بازگشت را به صورت برنامه ریزی احتمالی (سناریو محور) بررسی کردند.

ازکیر و همکاران [۹] مدل چند هدفه ای برای شبکه لجستیک معکوس ارائه کردند که عدم قطعیت های مختلفی را در نظر می گرفت. آنها ارتباط توأمان میزان رضایت مصرف کننده و تامین کننده را با قیمت خرید و فروش مدل سازی نمودند.

بنابر مرور ادبیات ذکر شده تاکنون موضوع عدم قطعیت به صورت همزمان در مسیر رو به جلو و معکوس به صورتی که حساس به قیمت های فروش و خرید باشد به شکل جامعی پوشش داده نشده است. همچنین اثر کیفیت محصولات برگشتی

رابطه u_r که برای بیان ماهیت احتمالی بازگشتی‌ها به کار می‌رود یک مقدار احتمالی یکنواخت از بازه $[A_r, B_r]$ است. A_r عددی منفی است و این امکان را به دنبال دارد که به ازای برخی مقادیر P_r سبب منفی شدن مقدار برگشتی‌ها شود. برای جلوگیری از این موضوع، ارتباط $-\alpha \leq A_r$ در هنگام تعیین مقدار A_r مد نظر قرار می‌گیرد.

- برنامه ریزی برای یک دوره صورت می‌گیرد، بنابراین تقاضا و بازگشت از هم مستقل فرض شده اند.

مدل

در مدل پیش رو از نمادهای زیر استفاده شده است:

C_p : هزینه تولید محصول جدید

C_r : هزینه بازتولید محصول برگشتی

S : هزینه نگهداری محصولات تولیدی (جدید و قدیم)

g : هزینه کمبود محصول تولیدی (جدید و قدیم)

$h < C_r$: هزینه نگهداری محصول برگشتی

K : ظرفیت تولید و باز تولید محصول

q : سطح کیفیت قابل قبول برگشتی‌ها

هزینه بازتولید محصولات برگشتی C_r کلیه هزینه‌های بازتولید شامل جداسازی، بازرسی، تضمین کیفیت، بازتولید، جایگزینی قطعات مستعمل و سایر هزینه‌های مدیریتی می‌باشد اما هزینه خرید محصولات برگشتی را شامل نمی‌شود.

هزینه تولید C_p مجموع تمام هزینه‌های مرتبط با تولید محصولات جدید مانند هزینه مواد، قطعات، تولید و سایر هزینه‌های مدیریتی می‌باشد.

متغیرها

P : قیمت فروش محصولات تولیدی (جدید و قدیم)

P_r : قیمت خرید محصولات برگشتی

X_p : تعداد محصولات تولیدی جدید

X_r : تعداد محصولات بازتولید شده (قدیمی)

$$Z_r = X_r - [(\alpha + \beta P_r) \lambda e^{-\phi q}]$$

$$Z_d = X_r - (a + b P)$$

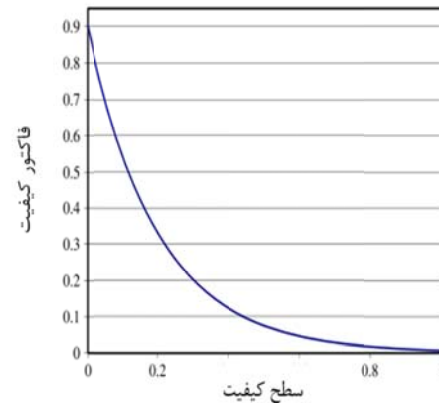
$$X_i = X_p + X_r$$

به منظور امکان مدل سازی و حل عدم قطعیت احتمالی موجود در مدل، از دو متغیر Z_d و Z_r مانند پژوهش شی و همکاران [۹] که حاصل یک تغییر متغیر می‌باشند، بهره بردیم.

قسمت احتمالی تقاضاست که دارای تابع احتمال یکنواخت در بازه $[A_d, B_d]$ است. A_d عددی منفی است و این امکان را به دنبال دارد که به ازای برخی مقادیر P سبب منفی شدن مقدار برگشتی‌ها شود. برای جلوگیری از این موضوع، ارتباط $-a \leq A_d$ در هنگام تعیین مقدار A_d مد نظر قرار می‌گیرد.

- مقدار محصولات برگشتی نیز احتمالی و وابسته به قیمت خرید و سطح کیفیت مورد نظر برگشتی‌هاست.

رابطه میان برگشتی‌ها، قیمت خرید و سطح کیفیت قابل قبول به صورت $R(p_r, u_r) = [R(p_r)q_a] + u_r$ نشان داده می‌شود که p_r قیمت خرید محصولات برگشتی است و $R(p_r) = \alpha + \beta p_r$ مقدار مورد انتظار برگشتی‌ها با توجه به قیمت خرید آنهاست ($\alpha \geq 0$ و $\beta > 0$). پس از تعیین سطح کیفیت قابل قبول برگشتی‌ها رابطه آن به صورت $q_a = \lambda e^{-\phi q}$ بیان می‌شود ($0 < \lambda < 1$ و $\phi > 1$). هر چه سطح کیفیت قابل قبول کاهش (افزایش) یابد، مقدار برگشتی‌های قابل قبول افزایش (کاهش) می‌یابد. تغییرات فاکتور کیفیت (q_a) با پارامترهای $\lambda = 0.9$ و $\phi = 5$ در شکل (۲) زیر نمایش داده می‌شود.



شکل ۲. نمودار تغییرات مقدار فاکتور کیفیت
با سطوح کیفیت ($\lambda = 0.9$ و $\phi = 5$)

$$\begin{aligned} \max Z = & \int_0^{Z_d} [P(a - bP + U_d) - S(Z_d - U_d)](P/1000)e^{-(P/1000)U_d} dU_d \\ & + \int_{Z_d}^{\infty} [P(a - bP + Z_d) - g(U_d - Z_d)](P/1000)e^{-(P/1000)U_d} dU_d \\ & + [-C_p X_p - (C_r + P_r)X_r - \int_{Z_r}^{B_r} (h_r + P_r)(U_r - Z_r)(1/B_r - A_r)dU_r] \end{aligned}$$

$$X_p + X_r = X_t$$

$$X_r = [(\alpha + \beta P_r)\lambda e^{-\alpha}] + Z_r$$

$$X_t = a - bP + Z_d$$

$$0 \leq Z_d < \infty$$

$$A_r \leq Z_r \leq B_r$$

$$X_p + X_r \leq k$$

$$X_p, X_r, P, P_r \geq 0$$

میسر نیست، لذا مدل پیش رو را نیز نمی توان به سادگی حل نمود. بنابر این از الگوریتم ژنتیک برای حل آن بهره می بریم. ادامه به پاره ای ویژگی های GA اشاره می نماییم (کانن و همکاران [۱۱]):

- با کدینگ پارامترهای مدل سر و کار دارد نه با خود آنها
 - در میان جمعیتی از نقاط جست و جو می کند نه در بین نقاط منفرد
 - از اطلاعات تابع برازندگی بهره می برد نه از اطلاعات قطعی
 - از قواعد احتمالی بهره می برد نه قوانین معین
- GA از یک عملگر جست و جوی محلی در قالبی رو به رشد بهره می برد که توسط هولاند در سال ۱۹۷۵ ارائه گردید [۱۲]. به همین دلیل احتمال به تله افتادن آن در مینیمم های محلی، پایین است. این الگوریتم بر مبنای مکانیسم انتخاب طبیعی و تولید مثل، جهت یک جست و جوی تصادفی ولی جهت دار از میان فضای تصمیم گیری، برای یافتن راه حل های بهینه جامع، استوار است. فلوجارت کلی الگوریتم ژنتیک به ترتیب شکل (۱) است. راههای بسیار زیادی برای سنجش معیارهای هدف به منظور اندازه گیری میزان مطلوبیت جواب ها وجود دارد. همچنین تعداد بیشماری روش برای تولید نسل و جهش موجود است. با این حال برای بهینه سازی توسط الگوریتم ژنتیک، مراحل زیر مشترک می باشد:

شروع: تولید جمعیت اولیه به صورت تصادفی

ارزیابی: محاسبه مقدار مطلوبیت که معیاری است برای بیان اینکه کدام یک از اعضا تابع هدف بهتری دارند.

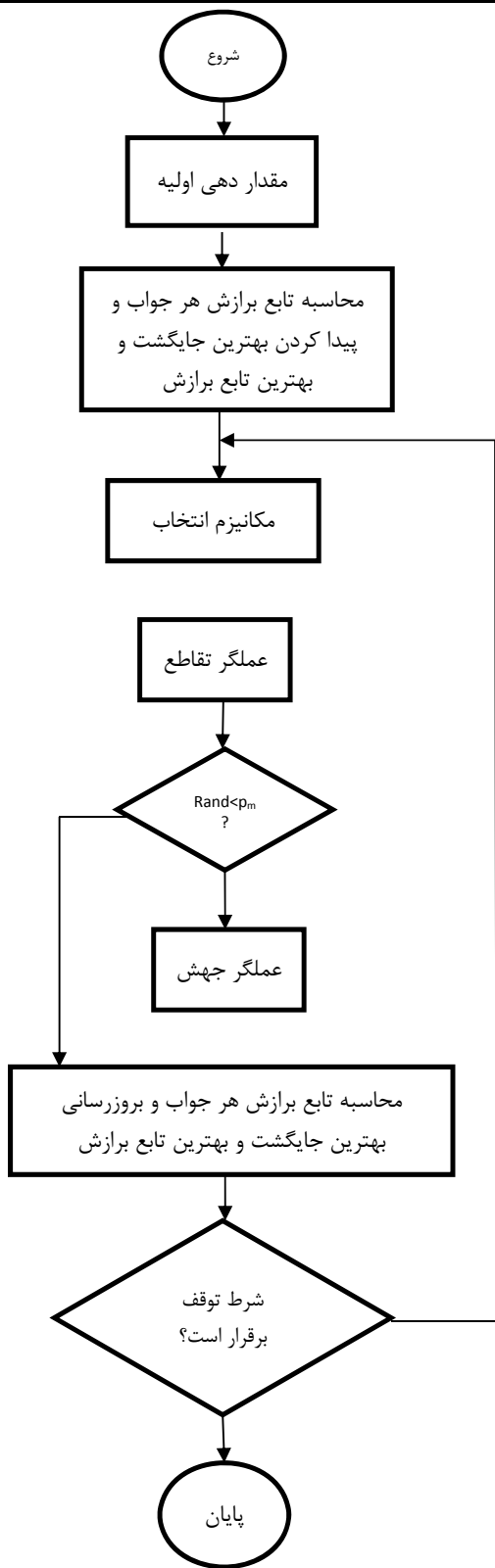
در تابع هدف، عبارت اول نشان دهنده سود مورد انتظار منهای هزینه نگهداری محصول نهایی در حالتی است که تقاضا کمتر از میزان تولید باشد. عبارت دوم در تابع هدف، عبارت اول نشان دهنده سود مورد انتظار منهای هزینه نگهداری محصول نهایی در حالتی است که تقاضا کمتر از میزان تولید باشد.

عبارت دوم نشان دهنده میزان سود منهای هزینه کمبود در حالتی است که تقاضا بیشتر از میزان تولید باشد. عبارت سوم بیانگر هزینه تولید محصولات جدید، و عبارت چهارم هزینه تولید محصولات بازتولید شده و هزینه اکتساب آنها است. عبارت نهایی هزینه نگهداری مورد انتظار برای محصولات بازتولید شده است که مجموع هزینه نگهداری و اکتساب آنهاست.

همانند جیانمای شی و همکاران [۱۰]، هزینه کمبود محصولات دست دوم در تابع هدف در نظر گرفته نمی شود. محدودیت (۲) اطمینان حاصل می کند که تعداد تولید برابر مجموع محصولات جدید تولیدی و محصولات بازتولید شده است. محدودیت (۳) ارتباط میان تعداد محصولات بازتولید شده با قیمت اکتساب آنها را نشان می دهد. محدودیت (۴) بیانگر ارتباط میان کل محصولات تولیدی و قیمت فروش است. محدودیت (۵) و (۶) محدوده تغییرات متغیرهای Z_r و Z_d را مشخص می کنند.

۳. روش حل

از آنجایی که در مدل ارائه شده توسعه یافته مدل شی و همکاران [۱۰] می باشد و آن ها بیان نموده اند که حل این مساله دارای پیچیدگی سخت بوده و امکان یافتن جواب آن به صورت ساده



شکل ۳. فلوجارت الگوریتم ژنتیک

انتخاب والدین: انتخاب جفت از اعضا به گونه ای که اعضای با مطلوبیت بیشتر تکثیر شوند
تولید مثل: تولید فرزندان از هر جفت والدین. هر والد بخشی از ژن خود را به فرزند انتقال می دهد.
جهش: به صورت تصادفی اطلاعات تعداد اندکی از فرزندان تغییر داده می شود.
هر بار طی شدن کامل مراحل بالا منجر به تولید یک نسل می گردد.

عملگر تقاطع

یکی از عواملی که پدید آورنده تحول در موجودات و بوجودآورنده افراد متفاوت یک‌گونه است، عمل تقاطع است. در عمل تقاطع طبیعی کروموزوم‌های همتا با یکدیگر جفت شده، ژنهایی بین آن دو مبادله می‌شود. این موضوع باعث می‌شود که فرزندان ترکیبی از خصوصیات والدین خود را به همراه داشته و دقیقاً مشابه یکی از والدین نباشند. هدف، تولید فرزندان جدید است به این امید که افراد بهتری تولید شوند. تقاطع به کار رفته در این پژوهش به صورت گام‌های زیر است:

گام اول: انتخاب دو عضو جامعه که دارای رتبه بهتری با توجه به تابع برازندگی هستند، به عنوان والد (X_1 و X_2)
گام دوم: تولید یک عدد تصادفی (α)
گام سوم:

$$\begin{aligned} y_1 &= \alpha \cdot x_1 + (1 - \alpha) x_2 \\ y_2 &= \alpha \cdot x_2 + (1 - \alpha) x_1 \end{aligned} \quad (8)$$

عملگر جهش

یکی دیگر از عوامل تحول‌زا در موجودات، جهش می‌باشد. پس از اتمام عمل آمیزش، عملگر جهش بر روی کروموزوم‌ها اثر داده می‌شود. این عملگر یک ژن از یک کروموزوم را به طور تصادفی انتخاب نموده و سپس محتوای آن ژن را تغییر می‌دهد. اگر ژن از جنس اعداد دودویی باشد، آن را به وارونش تبدیل می‌کند و چنانچه متعلق به یک مجموعه باشد، مقدار یا عنصر دیگری از آن مجموعه را به جای آن ژن قرار می‌دهد. پس از اتمام عمل جهش، کروموزوم‌های تولید شده به عنوان نسل جدید شناخته شده و برای دور بعد اجرای الگوریتم ارسال می‌شوند. عملگر جهش این پژوهش به شرح زیر است:

گام اول: انتخاب یک عضو جمعیت به صورت تصادفی
گام دوم: انتخاب تصادفی چند مورد از متغیرهای مسئله
گام سوم:

یک عدد تصادفی است: Sigma

$$Y(i) = X(i) + \text{sigma} * \text{random}(\text{size}(x)) \quad (9)$$

۴. مثال عددی

یک مثال عددی برای مشاهده عملکرد بهینه‌سازی و روشن شدن ویژگی‌های مدل ارائه می‌گردد. پارامترهای مدل بدین صورت است:

پارامترهای مدل را براساس مثال ارائه شده توسط شی و همکارانش (۲۰۱۱) تنظیم نمودیم. بر این اساس پارامترها به شرح زیر اند: پارامترهای مسیر رو به جلو عبارتند از اندازه بازار (a) برابر ۷۰۰۰ و شیب خطی آن با قیمت فروش (b) برابر ۲۰ در نظر گرفته شد.

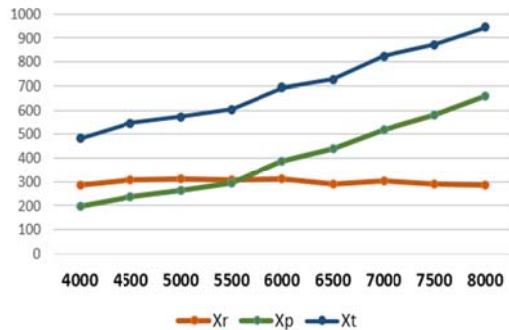
هزینه نگهداری (S) ۶۰ و هزینه کمبود (g) برابر با ۱۰۰ می‌باشد. همچنین هزینه تولید محصولات جدید (C_p) برابر ۱۱۰ است. همچنین بخش احتمالی تقاضا دارای توزیع یکنواخت (۱۰۰۰) و برگشتی ها (α) برابر یک دهم تقاضا و ۱۰۰ است. شیب برگشتی ها و قیمت اکتساب (β) برابر ۴۰، هزینه بازتولید (C_r) برابر ۵۰ و هزینه نگهداری برگشتی ها (H) برابر ۲۰ است. همچنین بخش احتمالی برگشتی ها نیز دارای توزیع یکنواخت از بازه (۲۰۰) و برگشتی ها است. پارامترهای کیفیت هم که پیش تر ذکر شدند برابر

$\lambda = 0.9$ و $\varphi = 5$ است. حداقل سطح کیفیت مورد قبول محصولات برگشتی برابر ۴۰ درصد در نظر گرفته شده است. برای اطمینان از ارزیابی‌های صورت گرفته با هر بار تغییر پارامترها ۵ مرتبه خروجی الگوریتم ژنتیک مورد بررسی و مقایسه قرار می‌گیرد. همچنین ظرفیت تولید ۱۰۰۰ واحد در نظر گرفته شده.

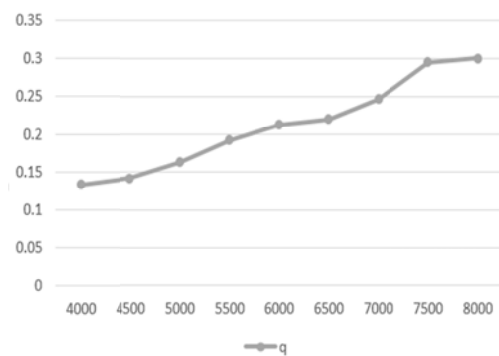
سیاست برنامه ریزی تولید بر اساس اندازه بازار

از آنجایی که عدم قطعیت‌های موجود در این مدل‌سازی سبب تغییرات نتایج می‌شوند بر آنیم تا عملکرد آنها را در شرایط مختلف ارزیابی کنیم و پاسخ مدل را بررسی نماییم. از این طریق می‌توان به اثرات خطا در برآورد پارامترهای مرتبط با عدم قطعیت پی برد. از آنجا که بیشترین اثرات ناشی از تغییرات تقاضا می‌باشد از این رو تغییرات نتایج در مواجهه با تغییرات تقاضا را بررسی می‌نماییم. در ابتدا تغییرات سیاست تولید را در برابر تغییرات اندازه بازار (a) بررسی می‌نماییم. همانطور که در شکل شماره (۴) نشان داده شده است، با افزایش اندازه بازار کل مقدار تولید افزایش می‌یابد هر چند که تعداد محصولات بازتولید شده تقریباً ثابت است و تعداد محصولات تولیدی جدید افزایش بیشتری دارد. با توجه به روند کاهش محصولات تولیدی جدید، با کاهش اندازه بازار، سیاست بازتولید به صورت کامل جایگزین سیستم ترکیبی می‌شود. همچنین با توجه به شکل شماره (۵) حداقل کیفیت مورد قبول برای محصولات برگشتی با افزایش اندازه بازار افزایش می‌یابد. این امر نشان دهنده این است که با بزرگ شدن اندازه بازار، کیفیت بهتری از محصولات برگشتی مورد انتظار می‌باشد، حال آنکه تعداد آنها چندان دستخوش تغییر نمی‌شود. همچنین ماهیت هزینه‌های برگشتی‌ها به گونه‌ای است که افزایش آنان تا یک مقدار حدی سبب برابری هزینه آنها با تولید محصول جدید می‌گردد که با توجه به اثر پارامترهای کیفیت و قیمت بر بازگشتی‌ها، تعداد آنها با شیب کمی افزایش می‌یابد. این موضوع در ادامه بیشتر توضیح داده می‌شود.

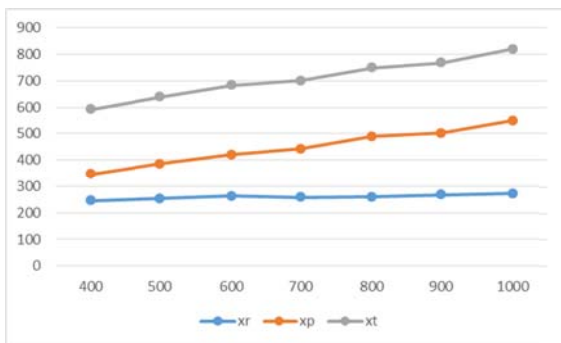
سیاست برنامه ریزی تولید بر اساس عدم قطعیت تقاضا با افزایش محدوده تغییرات عدم قطعیت تقاضا (با افزایش طول بازه متغیر یکنواخت)، همانطور که در شکل شماره (۷) نشان داده شده است، تعداد تولیدات محصولات جدید و تولید کلی افزایش می یابد در حالی که تعداد محصولات بازتولید شده تقریباً ثابت باقی می ماند. با توجه به شکل شماره (۸) در می یابیم که حداقل کیفیت قابل قبول محصولات برگشتی نیز کاهش می یابد. این امر بدین صورت توجیه می گردد که با توجه به عدم قطعیت موجود در تقاضا و ثابت ماندن تعداد محصولات برگشتی مورد خریداری شده، حداقل کیفیت کاهش می یابد تا از تامین این تعداد محصول برگشتی اطمینان حاصل گردد تا در صورت نیاز به تولید بیشتر بتوان از آنها بهره برد. توجه به ارتباط هزینه های موجودی در این سیستم نکته ای را فرا روی تحلیل وضعیت مشاهده شده قرار می دهد. هزینه کمبود کالا بیشترین مقدار و هزینه نگهداری محصولات دست دوم کمترین مقدار است.



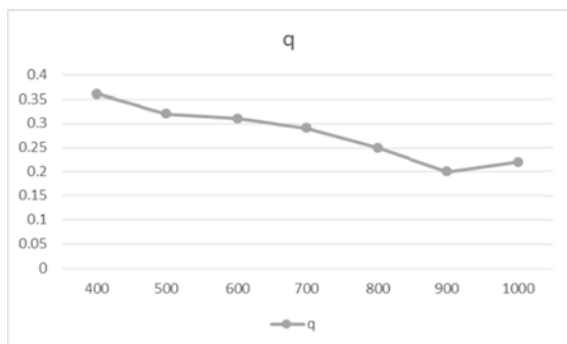
شکل ۴. تغییرات برنامه تولید با اندازه بازار



شکل ۵. تغییرات حداقل سطح کیفیت با اندازه بازار



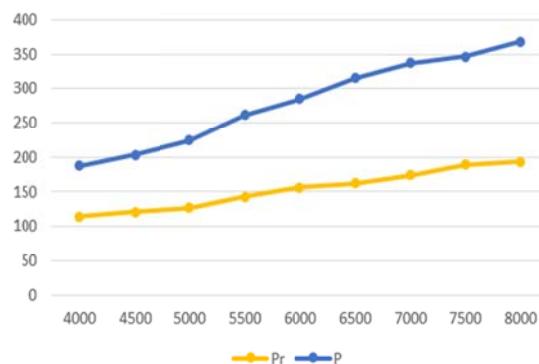
شکل ۷. تغییرات برنامه تولید با عدم قطعیت بازار



شکل ۸. تغییرات حداقل سطح کیفیت با عدم قطعیت بازار

سیاست قیمت گذاری بر اساس عدم قطعیت تقاضا با مشاهده شکل شماره (۹) مشخص می شود که با افزایش عدم قطعیت، قیمت فروش محصولات نهایی و قیمت اکتساب محصولات دست دوم، به صورت همزمان و با شیب تقریباً برابر افزایش می

سیاست قیمت گذاری بر اساس اندازه بازار با افزایش اندازه بازار، تولید کننده هم تعداد محصول بیشتری تولید می کند و هم آنها را با قیمت بیشتری می فروشد. همانطور که در شکل شماره (۶) نشان داده شده، قیمت اکتساب محصولات دست دوم نیز همزمان با افزایش حداقل کیفیت مطلوب افزایش می یابد هرچند که شیب تند تر افزایش قیمت فروش به همراه تعداد کل محصولات تولیدی سبب افزایش زیادی در سود کل سیستم می گردد.



شکل ۶. تغییرات قیمت گذاری با اندازه بازار

مدل حاضر و رویکرد مطالعه سیستم لجستیک یکپارچه در این مقاله ارائه گردید، با این حال برای ایجاد دیدگاه جامع تری به موضوع قیمت گذاری و برنامه ریزی تولید می توان اثرات متقابل و وابستگی میان تقاضا و بازگشت را نیز مورد مطالعه قرار داد. هر چند که در این پژوهش این دو مستقل فرض شده بودند اما وابستگی میان آنها نیز می تواند مورد بررسی قرار بگیرد.

همچنین توجه به انواع روشهای دیگر برای چرخه معکوس که شامل دفع، تعمیر، بازیافت و سایر روشهاست می تواند مورد توجه قرار گیرد. به علاوه می توان مسئله اختلاف کیفیت محصولات بازتولید شده با محصولات نو و عرضه آنها با قیمتی پایین تر را نیز در مدل سازی اعمال نمود. در کنار این مسائل توسعه تمام این ویژگی ها به سیستم های چند محصولی نیز جای بررسی دارد.

پی نوشت

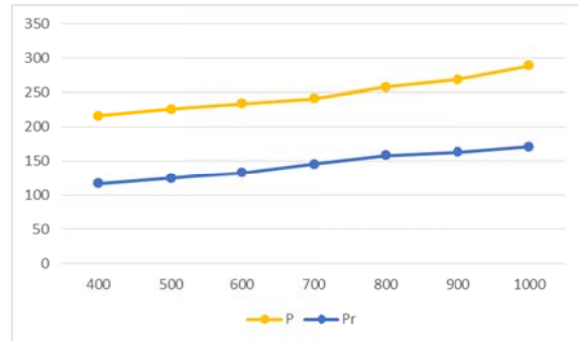
1. Dell
2. General Moors (GM)
3. Kodak
4. Xerox
5. Reverse Logistics

مراجع

[۱] مظاهری، علی، کرباسیان، مهدی، سجادی، سید مجتبی، شیرویه زاد، هادی، عابدی، سعید، "ارائه مدلی جهت بهینه سازی زنجیره تامین یکپارچه با استفاده از روش برنامه ریزی تصادفی چند هدفه"، نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید دانشگاه علم و صنعت ایران، (۱۳۹۳)، جلد ۲۵، شماره ۲، صفحه ۱۸۶-۲۰۴.

- [2] Fleischmann M, Beullens P, Bloemhof-ruwaard JM, Wassenhove L. "The impact of product recovery on logistics network design", *Production and Operations Management*, (2001), Vol. 10, pp.156-73.
- [3] Üster H, Easwaran G, Elif Akçali E, Sila Cetinkaya S. "Benders decomposition with alternative multiple cuts for a multi-product closed-loop supply chain network design model", *Naval Research Logistics*, (2007), Vol. 54, pp. 890-907.
- [4] Listes O, Dekker R., A. "stochastic approach to a case study for product recovery network design", *European Journal of Operational Research*, (2005), Vol. 160, pp. 268-287.

یابند. در چنین شرایطی این امر نشان می دهد که با افزایش عدم قطعیت در تقاضا، برای بهینه سازی سیستم توصیه می شود که اطمینان را در مورد بازگشت افزایش داده تا بتوان بخشی از ریسک عدم اطمینان به وجود آمده در تقاضا را کاهش داد.



شکل ۹. تغییرات قیمت گذاری با عدم قطعیت بازار

۵. نتیجه گیری

در این پژوهش سعی شده بود تا با در نظر گرفتن شبکه رو به جلو و معکوس سیستمی یکپارچه را از دیدگاه برنامه ریزی تولید و قیمت گذاری مورد بررسی قرار دهیم. از این رو مدلی ریاضی برای محاسبه مقادیر بهینه تولید محصولات جدید و دست دوم به همراه قیمت فروش و اکتساب آنها با در نظر گرفتن عامل مهم کیفیت توسعه داده شد. با در نظر گرفتن تمامی این پارامترها تلاش در حداکثر سازی سود کل سیستم صورت گرفت. در ادامه الگوریتمی فراابتکاری بر مبنای الگوریتم ژنتیک برای دستیابی به پاسخ مسئله مورد استفاده قرار گرفت.

تحلیل های حاصله نشان داد در صورتی که اندازه بازار خیلی کوچک باشد، سیاست بهینه بازتولید محصولات است و در این صورت نیازی به تولید محصولات جدید نیست. این امر را بیشتر در دوره افول محصولات در طول چرخه عمر می توان مشاهده کرد که با کاهش حجم تولید و بازتولید صرف می توان انرژی بیشتری را صرف توسعه محصولات آتی و جدیدتر نمود. از دیگر سو با افزایش اندازه بازار روند رو به رشدی را در تولید محصولات جدید شاهد بودیم که این امر نشان دهنده حساسیت شدید میزان تولید محصول جدید به اندازه بازار است. هم چنین سیاست قیمت گذاری نیز در این حالت بیان گر تاثیر پذیری شدیدتر قیمت فروش از اندازه بازار است. علاوه بر این حداقل کیفیت قابل قبول محصولات برگشتی نیز با افزایش اندازه بازار افزایش می یابد هر چند که تعداد آنها تغییر چندانی نمی کند. اثرات تغییر در عدم قطعیت تقاضا نیز مورد بررسی قرار گرفت که باز هم نشان دهنده حساسیت شدید تعداد محصول تولیدی جدید به آن بود. در این حالت قیمت اکتساب و فروش تقریباً رفتاری مشابه به هم داشتند.

- [5] Salema MIG, Barbosa-Povoa AP, Novais AQ. "An optimization model for the design of a capacitated multi-product reverse logistics network with uncertainty", *European Journal of Operational Research*, (2007), Vol. 179, pp. 1063-77.
- [6] El-Sayed. M, N. A., El- Kharbotly. A. "A stochastic model for forward-reverse logistics network design under risk", *Computers & Industrial Engineering*, (2011), pp. 423-431.
- [7] Aras N, Aksen D, Tanugur AG. "Locating collection centers for incentive- dependent returns under a pick-up policy with capacitated vehicles", *European Journal of Operational Research*, (2008), Vol. 191, No. 3, pp. 1223-1240.
- [8] Hassanzadeh Amin, Zhang Guoqing. "A multi-objective facility location model for closed-loop supply chain network under uncertain demand and return", *Applied Mathematical Modelling*, (2013), Vol. 37, pp. 4165-4176.
- [9] Ozkir Vildan, Basligil Huseyin. "Multi-objective optimization of closed-loop supply chains in uncertain environment", *Journal of Cleaner Production*, (2013), Vol. 41, pp. 114-125.
- [10] Shi Jianmai, Zhang Guoqing, Sha Jichang. "Optimal production and pricing policy for a closed loop system", *Resource, Conservation and Recycling*, (2011), Vol. 55, pp. 639-647.
- [11] Kannan G, Sasikumar P, Devika K. "A genetic algorithm approach for solving a closed loop supply chain model: A case of battery recycling", *Applied Mathematical Modelling*, (2010), Vol. 34, pp. 655-670.
- [12] Holland, J.H. "Adaptation in natural and artificial systems", university of Michigan Press Ann Arbor Michigan, (1975).